

## ⑫ 公開特許公報(A) 平3-146028

⑤ Int. Cl.<sup>5</sup>A 61 B 5/05  
5/04

識別記号

A  
A

庁内整理番号

9052-4C  
9052-4C

⑬ 公開 平成3年(1991)6月21日

審査請求 未請求 請求項の数 6 (全24頁)

⑭ 発明の名称 運動神経伝導速度分布測定装置

⑮ 特 願 平1-285385

⑯ 出 願 平1(1989)11月1日

⑰ 発 明 者 原 山 尋 実 新潟県新潟市小針4丁目16-24  
 ⑱ 出 願 人 原 山 尋 実 新潟県新潟市小針4丁目16-24  
 ⑲ 出 願 人 日本光電工業株式会社 東京都新宿区西落合1丁目31番4号  
 ⑳ 代 理 人 弁理士 本 田 崇

## 明 細 書

## 1. 発明の名称

運動神経伝導速度分布測定装置

## 2. 特許請求の範囲

(1) 被験神経束の末梢側にある第1の点及び中枢側にある第2の点を夫々刺激する刺激付与手段と、この刺激付与手段が前記第1の点及び前記第2の点を夫々刺激する時期を制御する制御手段と、前記被験神経束の支配筋の誘発電位を検出する電位検出手段と、この電位検出手段が検出した誘発電位に基づいて運動神経伝導速度分布測定用データを作成するデータ作成手段と、このデータ作成手段が作成したデータに基づいて運動神経伝導速度分布を作成する速度分布作成手段と、この速度分布作成手段が作成した速度分布を表示する表示手段とを具備する運動神経伝導速度分布測定装置において、

前記制御手段は、前記刺激付与手段が前記第1の点を刺激し、この時点から時間 $T_1$ 後に前記第2の点を刺激する動作を前記時間 $T_1$ を異ならせ

て複数回行なわせる第1の制御と、前記刺激付与手段が前記第2の点を刺激し、この時点から時間 $T_2$ 後に前記第1の点を刺激し、この時点から更に時間 $T_3$ 後に再度前記第2の点を刺激する動作を前記時間 $T_3$ を異ならせて複数回行なわせる制御であって、前記時間 $T_2$ は前記第1の点及び前記第2の点が各1回刺激されたときに両刺激によるインパルスが前記被験神経束のいずれの神経線維においても衝突が生じる両刺激時点の間に設定されており、前記時間 $T_3$ は前記時間 $T_1$ がとる値と一致するように設定されている第2の制御を行ない、

前記データ作成手段は前記電位検出手段が検出した誘発電位の波形のうち、前記第1の制御における前記第2の点の刺激による波形と前記第2の制御における前記第2の点の再度の刺激による波形夫々の大きさを計算し、夫々の大きさと前記時間 $T_1$ 、 $T_3$ とを対応づけたデータを作成することを特徴とする運動神経伝導速度分布測定装置、

(2) 被験神経束の末梢側にある第1の点及び中

一、 枢側にある第2の点を夫々刺激する刺激付与手段と、この刺激付与手段が前記第1の点及び前記第2の点を夫々刺激する時期を制御する制御手段と、前記被験神経束の支配筋の誘発電位を検出する電位検出手段と、この電位検出手段が検出した誘発電位に基づいて運動神経伝導速度分布測定用データを作成するデータ作成手段と、このデータ作成手段が作成したデータに基づいて運動神経伝導速度分布を作成する速度分布作成手段と、この速度分布作成手段が作成した速度分布を表示する表示手段とを具備する運動神経伝導速度分布測定装置において、

前記制御手段は、前記刺激付与手段が前記第1の点を刺激し、この時点から時間 $T_1$ 後に前記第2の点を刺激する動作を前記時間 $T_1$ を変化させて複数回行なわせる第1の制御と、前記刺激付与手段が前記第1の制御における前記複数回の動作の各合間に前記第2の点を刺激するように制御する第2の制御とを行ない、

前記データ作成手段は、前記電位検出手段が検

の点を刺激し、この時点から時間 $T_4$ 後に前記第1の点を刺激し、この時点から更に時間 $T_5$ 後に再度前記第2の点を刺激する動作を前記時間 $T_4$ を異ならせて複数回行なわせる制御であって、前記時間 $T_5$ は前記第1の点と前記第2の点とが各1回刺激されたときに両刺激によるインパルスが前記被験神経束のいずれの神経線維においても衝突が生じる両刺激時点の間隔に設定されている第1の制御と、前記刺激付与手段が前記第1の制御における前記複数回の動作の各合間に前記第2の点を刺激するように制御する第2の制御とを行ない、

前記データ作成手段は、前記電位検出手段が検出した誘発電位の波形のうち前記第1の制御における前記第2の点の再度の刺激による波形、前記第2の制御における前記第2の点の刺激による波形夫々の大きさを計算し、夫々の大きさと前記時間 $T_4$ とを対応づけたデータを作成することを特徴とする運動神経伝導速度分布測定装置。

(4) 被験神経束の末梢側にある第1の点及び中枢側にある第2の点を夫々刺激する刺激付与手段

出した誘発電位の波形のうち前記第1の制御における前記第2の点の刺激による波形、前記第2の制御における前記第2の点の刺激による波形夫々の大きさを計算し、夫々の大きさと前記時間 $T_1$ とを対応づけたデータを作成することを特徴とする運動神経伝導速度分布測定装置。

(3) 被験神経束の末梢側にある第1の点及び中枢側にある第2の点を夫々刺激する刺激付与手段と、この刺激付与手段が前記第1の点及び前記第2の点を夫々刺激する時期を制御する制御手段と、前記被験神経束の支配筋の誘発電位を検出する電位検出手段と、この電位検出手段が検出した誘発電位に基づいて運動神経伝導速度分布測定用データを作成するデータ作成手段と、このデータ作成手段が作成したデータに基づいて運動神経伝導速度分布を作成する速度分布作成手段と、この速度分布作成手段が作成した速度分布を表示する表示手段とを具備する運動神経伝導速度分布測定装置において、

前記制御手段は、前記刺激付与手段が前記第2

と、この刺激付与手段が前記第1の点及び前記第2の点を夫々刺激する時期を制御する制御手段と、前記被験神経束の支配筋の誘発電位を検出する電位検出手段と、この電位検出手段が検出した誘発電位に基づいて運動神経伝導速度分布測定用データを作成するデータ作成手段と、このデータ作成手段が作成したデータに基づいて運動神経伝導速度分布を作成する速度分布作成手段と、この速度分布作成手段が作成した速度分布を表示する表示手段とを具備する運動神経伝導速度分布測定装置において、

前記制御手段は、前記刺激付与手段が前記第1の点を刺激し、この時点から時間 $T_1$ 後に前記第2の点を刺激する動作を前記時間 $T_1$ を異ならせて複数回行なわせる第1の制御と、前記刺激付与手段が前記第2の点を刺激し、この時点から時間 $T_2$ 後に前記第1の点を刺激し、この時点から更に時間 $T_3$ 後に再度前記第2の点を刺激する動作を前記時間 $T_3$ を異ならせて複数回行なわせる制御であって、前記時間 $T_2$ は前記第1の点及び前

記第2の点とが各1回刺激されたときに両刺激によるインパルスが前記被験神経束のいずれの神経線維においても衝突が生じる両刺激時点の間隔に設定されており、前記時間 $T_3$ は前記時間 $T_1$ がとる値と一致するように設定されている第2の制御と、前記刺激付与手段が前記第1の制御または前記第2の制御における前記複数回の動作の各合間に前記第2の点を刺激するように制御する第3の制御を行ない、

前記データ作成手段は前記電位検出手段が検出した誘発電位の波形のうち、前記第1の制御における前記第2の点の刺激による波形、前記第2の制御における前記第2の点の再度の刺激による波形、前記第3の制御における前記第2の点の刺激による波形夫々の大きさを計算し、夫々の大きさと前記時間 $T_1$ または時間 $T_3$ とを対応づけたデータを作成することを特徴とする運動神経伝導速度分布測定装置。

(5) 被験神経束の末梢側にある第1の点及び中枢側にある第2の点を夫々刺激する刺激付与手段

れか1とこれに対応する大きさデータとを選択し、これらを他の波形、他の大きさデータとは異なる態様で前記表示手段に表示させることを特徴とする運動神経伝導速度分布測定装置。

(6) 被験神経束の末梢側にある第1の点及び中枢側にある第2の点を夫々刺激する刺激付与手段と、この刺激付与手段が前記第1の点及び前記第2の点を夫々刺激する時期を制御する制御手段と、前記被験神経束の支配筋の誘発電位を検出する電位検出手段と、この電位検出手段が検出した誘発電位に基づいて運動神経伝導速度分布測定用データを作成するデータ作成手段と、このデータ作成手段が作成したデータに基づいて運動神経伝導速度分布を作成する速度分布作成手段と、この速度分布作成手段が作成した速度分布を表示する表示手段とを具備する運動神経伝導速度分布測定装置において、

前記制御手段は、前記刺激付与手段が前記第1の点及び前記第2の点を所定の時間間隔をあけて刺激するように制御する第1の制御と、前記刺激

と、この刺激付与手段が前記第1の点及び前記第2の点を夫々刺激する時期を制御する制御手段と、前記被験神経束の支配筋の誘発電位を検出する電位検出手段と、この電位検出手段が検出した誘発電位に基づいて運動神経伝導速度分布測定用データを作成するデータ作成手段と、このデータ作成手段が作成したデータに基づいて運動神経伝導速度分布を作成する速度分布作成手段と、この速度分布作成手段が作成した速度分布を表示する表示手段とを具備する運動神経伝導速度分布測定装置において、

前記表示手段を制御する表示制御手段と、この表示制御手段に信号を入力する入力手段とを備え、

前記データ作成手段は、前記電位検出手段が検出した誘発電位からその各波形の大きさを計算し、夫々の大きさ及び各波形と前記刺激する時期に基づく時間データとを対応づけたデータを作成し、

前記表示制御手段は前記データ作成手段が作成したデータを前記表示手段に表示させ、前記入力手段から与えられる信号に応じて前記波形のいず

付与手段が前記第1の点を刺激し、この時点から時間 $T_1$ 後に前記第2の点を刺激する動作を前記時間 $T_1$ を異ならせて複数回行なわせる第2の制御とを行ない、

前記データ作成手段は、前記電位検出手段が検出する誘発電位に基づいて、前記第2の制御における前記第2の点の刺激による誘発電位波形の大きさを求めると共に、前記第1の制御における前記第1の点が刺激された時点からこの刺激による誘発電位が最初に出現する時点までの時間 $L_d$ 及び前記第2の点が刺激された時点からこの刺激による誘発電位が最初に出現する時点までの時間 $L_p$ を求め、前記第2の制御において前記第2の点の刺激による誘発電位が出現を開始する場合の前記時間 $T_1$ である $T_{1\min}$ を求め、前記被験神経束の中の最大伝導速度 $V_{\max}$ を持つ神経線維の不応期 $RFP_{\min}$ を示す式 $RFP_{\min} = T_{1\min} - (L_p - L_d)$ と、前記時間 $L_d$ 、 $L_p$ と前記第1の点と前記第2の点との距離 $DST$ より前記最大伝導速度 $V_{\max}$ を示す式 $V_{\max} = DST /$

( $L_p - L_d$ ) と、前記第 2 の制御における前記時間  $T_1$  とその  $T_1$  に対応する運動神経伝導速度  $V$  との関係式  $V = (DST + RFP_{\min} \times V_{\max}) / T_1$  と、前記時間  $L_p$ 、 $L_d$ 、 $T_{1\min}$ 、距離  $DST$ 、速度  $V_{\max}$  から前記運動神経伝導速度  $V$  を計算して求めることを特徴とする運動神経伝導速度分布測定装置。

### 3. 発明の詳細な説明

#### 〔発明の目的〕

#### （産業上の利用分野）

本発明は、運動神経伝導速度分布測定装置の改良に関する。

#### （従来の技術）

運動神経束における神経線維の伝導速度分布を測定する方法には種々あるがその中で衝突法 (Collision Method) がある。この衝突法にもいくつかあり、実用的な方法としてホッフ (Hopf) 法とイングラム (Ingram) 法がある。まずホッフ法を第 2 図を参照して説明する。ホッフ法では被験神経束の末梢側の 1 点（以下遠

位点と称する）と中枢側の 1 点（以下近位点と称する）を超最刺激で刺激する。この刺激を与える順序は、第 2 図に示すようにまず遠位点に刺激  $S_1$ （▼で示す）を与えてからある時間  $T_1$  をおき、次に近位点に刺激  $S_2$ （▽で示す）を与える。刺激  $S_1$ 、 $S_2$  が被験神経束に与えられると各神経線維にはインパルスが生じる。第 2 図には刺激  $S_1$  による順行性インパルスを▶、逆行性インパルスを◀で示し、刺激  $S_2$  による順行性インパルスを▷で示している。

時間  $T_1$  が短いとき、刺激  $S_1$  による逆行性インパルスと刺激  $S_2$  による順行性インパルスは伝導速度が大きい線維  $F$ 、伝導速度が小さい線維  $S$  のいずれにおいても衝突を起こし、支配筋  $M$  には刺激  $S_1$  による誘発活動電位波（以下、電位波と称する） $M_1$  のみが生じる（第 2 図 A）。

時間  $T_1$  が長くなると線維  $F$  では刺激  $S_1$  による逆行性インパルスが近位点を通り、かつこの近位点の不应期  $RFP$  (Refractory Period) を過ぎるので、刺激  $S_2$  による順行性インパルス

が筋  $M$  に至り、刺激  $S_1$  による電位波  $M_1$  の他、刺激  $S_2$  による電位波  $M_2$  が生じる（第 2 図 B）。

更に時間  $T_1$  が長くなると線維  $S$  においても刺激  $S_2$  による順行性インパルスが筋  $M$  に至るので、刺激  $S_2$  に基づく電位波  $M_2$  が大きくなる（第 2 図 C）。

上記の例では神経線維が 2 本の場合であるが、実際には 1 の神経束は数多くの神経線維から構成されており、時間  $T_1$  を零から徐々に長くすれば電位波  $M_2$  はある時間  $T_{1\min}$  から出現して徐々に大きくなり、ある時間  $T_{1\max}$  から一定となる。この時間  $T_{1\min}$  から被験神経束の最大伝導速度を求めることができ、時間  $T_{1\max}$  から被験神経束の最小伝導速度を求めることができる。そして時間  $T_1$  と電位波  $M_2$  との関係から被験神経束の伝導速度分布を求めることができる。

次にイングラム法を第 4 図を参照して説明する。イングラム法でも被験神経束の遠位点と近位点の 2 点を刺激する。まず、近位点に刺激  $S_1$ （▽で示す）を与え、次に、時間  $T_4$  をおいて遠位点に

刺激  $S_2$ （▼で示す）を与え、時間  $T_5$  後再び近位点に刺激  $S_3$ （▽で示す）を与える。この刺激  $S_2$  と刺激  $S_3$  の時間間隔  $T_5$  は、これら 2 つの刺激  $S_2$ 、 $S_3$  のみが被験神経束に与えられるものとするとき（刺激  $S_1$  が無かったとしたとき）に両刺激により生じるインパルスが全ての神経線維上で衝突するような時間間隔に予め設定されている。図では、刺激  $S_1$  による順行性インパルスを▷、刺激  $S_2$  による順行性インパルスを▶、逆行性インパルスを◀で示し、刺激  $S_3$  による順行性インパルスを▷で示している。

時間  $T_4$  が短いとき刺激  $S_1$  による順行性インパルスと刺激  $S_2$  による逆行性インパルスは線維  $F$ 、線維  $S$  のいずれにおいても衝突を起こして消滅し、筋  $M$  には刺激  $S_2$  に基づく電位波  $M_2$  と、刺激  $S_3$  に基づく電位波  $M_3$  が生じる（第 4 図 A）。

時間  $T_4$  が長くなると線維  $F$  では刺激  $S_1$  による順行性インパルスが遠位部を通り、かつこの遠位部の不应期  $RFP$  を過ぎた後にこの遠位部に刺激  $S_2$  が与えられるので、刺激  $S_2$  の逆行性イ

ンパルスと刺激S3の順行性インパルスとは線維F上で衝突を起こす。このため筋Mには刺激S2による電位波M2の他に刺激S1による電位波M1が出現するようになると共に電位波M3は線維Sのみを介して与えられる刺激S3による電位波M3となる(第4図B)。すなわち電位波M3は時間 $T_4$ が長くなったことにより小さくなる。

更に時間 $T_4$ が長くなると線維S上でも上記と同様のことが起こり、筋Mには刺激S3による電位波M3が生じなくなる(第4図C)。

この例においても神経線維は2本であるとしたが、実際には1の神経束は数多くの神経線維から構成されており、時間 $T_4$ を零から徐々に長くすれば電位波M3はある時間 $T_{4\min}$ までは一定であり、この時間 $T_{4\min}$ より長くなると徐々に小さくなり、ある時間 $T_{4\max}$ で消滅する。時間 $T_{4\min}$ からこの被験神経束の最大伝導速度を求めることができ、時間 $T_{4\max}$ からこの被験神経束の最小伝導速度を求めることができる。そして時間 $T_4$ と電位波M3との関係から被験神経束の

伝導速度分布を求めることができる。

(発明が解決しようとする課題)

ホッフ法において被験筋Mは第2図に示したように刺激S1によるインパルス(▶)と刺激S2によるインパルス(⊗)によって2回興奮する。一般に、筋に2つの刺激によるインパルスを連続して与えると筋には2つの電位波が生じるが、2番目の刺激により生じる電位波の波形は1番目の刺激の影響により、単に2番目の刺激のみによる電位波とは異なってくるという現象が生じる。これは二重刺激効果と呼ばれている現象で、2つの刺激の時間間隔によってもその2番目の電位波は変化するものである。2つの刺激点間の距離が十分に長ければ、2つの電位波も時間的に充分離れて発生するので二重刺激効果が問題となることはない。しかしホッフ法が用いられる部位、例えば上肢では、2つの刺激点間の距離は15cm~20cm程度であり、この二重刺激効果が問題となる。この効果は次のような問題をひき起こす。

ホッフ法では電位波M2は刺激S1によるイン

パルスと刺激S2によるインパルスとが衝突を起こさなくなると第5図の一点鎖線で示すようにその波形の大きさは電位波M1の大きさと同じ(一定)になる筈であるが、実際には同じにならず第5図の実線のように衝突が生じなくなっても漸増を続ける。このため、最小伝導速度を決める前記 $T_{1\max}$ を明確に決定することができない。

更にホッフ法では次のような欠点がある。

ホッフ法では時間 $T_1$ が短いとき、筋Mに生じる2つの電位波M1、M2は相互に重なることになる。従って実際に電位波M2の波形を特定するには引き算法(Subtraction Method)が用いられている。すなわち単独に遠位点に刺激S1を与えてその電位波M1の波形を記憶する。そして実際の測定で得られる電位波M1とM2が重畳して成る波から前述の記憶したM1を差し引いて電位波M2を求める方法である。この方法は各刺激による電位波が重なると加算された波になることが前提となっている。しかし本当に加算されるかどうかは疑問である。更に、2つの刺激による電

位波が重なるということは筋Mが第1の刺激による反応を起こしている間に第2の刺激が与えられる状態になるということである。第1の刺激と第2の刺激との間隔 $T_1$ は変化するので筋Mにおいて第1の刺激による反応が常に同じ程度の時に第2の刺激を与えられるというものではない。そして筋Mの状態は、次の刺激を与えられるとそのときの状態に応じて異なる反応をするから、電位波は第1の刺激による電位波と第2の刺激による電位波が単純に加算された波となることはない。

次の問題点は、ホッフ法、イングラム法に共通するものである。

まず、いずれの方法によっても電位波の大きさを測定することが行なわれている。しかしこの電位波の大きさの変化は純粋にインパルスの衝突の有無によるものか否かを確認することはできない。

例えば被験者に刺激を与えるための電極の付着が適切でない状態が生じたり、各部の電気的接続に接触不良が生じたりした場合などは測定中の電位波に大きな影響を与える。このような事態が生

しても従来は何らそのことを知る方法は無かった。

次に、上記ホッフ法には二重刺激効果が含まれていることを説明したが、この効果はイングラム法にも含まれている。イングラム法では電位波 M2 と電位波 M3 の生じる時間間隔は一定であるが、電位波 M1 と電位波 M2 の生じる時間間隔は変化している。そしてこの間隔は短いため電位波 M1 と電位波 M2 は複合した形となり、これが時間  $T_4$  と共に変化して電位波 M3 に影響を与えるのである。ホッフ法によれば時間  $T_{1 \min}$ 、イングラム法によれば時間  $T_{4 \max}$  を正確に求めることができるのであるが、いずれの方法によっても検出される電位波には上記の二重刺激効果による誤差が含まれており、正確な結果を得ることはできない。

ところでホッフ法、イングラム法いずれにおいても近位点の刺激による電位波の波形の大きさ、例えば面積を計算してこの面積と時間  $T_1$ 、 $T_4$  との関係を示すグラフを作成している。そしてこのグラフを参照してホッフ法では時間  $T_1$  を大き

い値から小さい値へ変化させたときにその波形の面積が零になるときの時間  $T_{1 \min}$  を求め、一方イングラム法では時間  $T_4$  を小さい値から大きい値へ変化させたときにその波形の面積が零になるときの時間  $T_{4 \max}$  を求めている。いずれにおいても上記グラフでは面積が零となったか否かを判断することは困難であった。

更にホッフ法、イングラム法いずれにおいても不応期の問題が含まれている。一般に、ある神経線維が刺激を与えられるとその神経線維にインパルスが走るのであるが、そのインパルスが例えばある点を通過するとその点はしばらくの間他の刺激によるインパルスを受付けない状態が生じる。この期間が不応期である。従ってホッフ法、イングラム法における時間  $T_1$ 、 $T_4$  には伝導時間と不応期が含まれている。時間  $T_1$ 、 $T_4$  から伝導速度を得るには不応期を正しく求めなければならない。しかし不応期は伝導速度により異なるため、時間  $T_1$ 、 $T_4$  から一定の不応期を一律に引けば伝導速度が求められるというものではない。従来

よりこの一律に引く方法が種々あるが、これでは正しい結果は得られない。また 1 の刺激点を二重刺激し、この刺激による筋の電位波から不応期を求める方法があるが、1 の刺激点を同一の強度で二重刺激を行なうのでホッフ法のときの不応期とは異なることになる。更に、ライファー (Leifer) が提案してイングラム (Ingram) が採用した方法、即ち、近位点、遠位点の単独刺激による 2 つの電位波の相互相関関数から平均伝導時間を求め、この平均伝導時間とホッフ法の漸増曲線の 50% 点を示す  $T_1$  もしくは、イングラム法の電位波漸減曲線が 50% 点を示す  $T_5$  との差から平均不応期を推定する方法がある。ここでは、平均伝導時間より速い伝導速度をもつ神経線維が全て興奮した時に 50% の大きさの電位波を形成すると仮定されているが、この仮定は証明されていない。

本発明はこのような従来の欠点を解消するためになされたものであり、その目的は正確な測定結果が得られる運動神経速度分布測定装置を提供す

ることである。

#### [発明の構成]

##### (課題を解決するための手段)

第 1 の発明は、被験神経束の末梢側にある第 1 の点及び中枢側にある第 2 の点を夫々刺激する刺激付与手段とこの刺激付与手段が前記第 1 の点及び前記第 2 の点を夫々刺激する時期を制御する制御手段と、前記被験神経束の支配筋の誘発電位を検出する電位検出手段と、この電位検出手段が検出した誘発電位に基づいて運動神経伝導速度分布測定用データを作成するデータ作成手段と、このデータ作成手段が作成したデータに基づいて運動神経伝導速度分布を作成する速度分布作成手段と、この速度分布作成手段が作成した速度分布を表示する表示手段とを具備する運動神経伝導速度分布測定装置において、

前記制御手段は下記の第 1 の制御及び第 2 の制御を行なう手段であり、

前記データ作成手段は前記電位検出手段が検出した誘発電位の波形のうち、前記第 1 の制御にお

ける前記第2の点の刺激による波形、前記第2の制御における前記第2の点の再度の刺激による波形夫々の大きさを計算し、夫々の大きさと前記時間 $T_1$ 、 $T_3$ とを対応づけたデータを作成する手段となっている。

第1の制御：前記刺激付与手段が前記第1の点を刺激し、この時点から時間 $T_1$ 後に前記第2の点を刺激する動作を前記時間 $T_1$ を異ならせて複数回行なわせる。

第2の制御：前記刺激付与手段が前記第2の点を刺激し、この時点から時間 $T_2$ 後に第1の点を刺激し、この時点から更に時間 $T_3$ 後に再度前記第2の点を刺激する動作を前記時間 $T_3$ を異ならせて複数回行なわせる制御であって、前記時間 $T_2$ は前記第1の点及び前記第2の点各1回刺激されたときに両刺激によるインパルスが前記被験神経束のいずれの神経線維においても衝突が生じるような両刺激時点の間隔に設定されており、前記時間 $T_3$ は前記時間 $T_1$ がとる値と一致するように設定されている。

2の制御における前記第2の点の刺激による波形夫々の大きさを計算し、夫々の大きさと時間 $T_4$ とを対応づけたデータを作成する手段である。

第1の制御：刺激付与手段が前記第2の点を刺激し、この時点から時間 $T_4$ 後に第1の点を刺激し、この時点から更に時間 $T_5$ 後に再度前記第2の点を刺激する動作を前記時間 $T_4$ を異ならせて複数回行なわせる制御であって、前記時間 $T_5$ は前記第1の点と第2の点各1回刺激されたときに両刺激によるインパルスが前記被験神経束のいずれの神経線維においても衝突が起きるような両刺激時点の間隔に設定されている。

第2の制御：前記刺激付与手段が前記第1の制御における前記複数回の動作の各合間に前記第2の点を刺激するように制御する。

第4の発明は、制御手段とデータ作成手段とを除き第1乃至第3の発明と同じである。ここで制御手段は下記の第1、第2、第3の制御を行なう手段であり、データ作成手段は電位検出手段が検出した誘発電位の波形のうち、前記第1の制御に

第2の発明は、制御手段とデータ作成手段とを除き第1の発明の構成と同じである。ここで制御手段は下記の第1の制御及び第2の制御を行なう手段であり、データ作成手段は電位検出手段が検出した誘発電位の波形のうち、前記第1の制御における第2の点の刺激による波形、前記第2の制御における前記第2の点の刺激による波形夫々の大きさを計算し、夫々の大きさと時間 $T_1$ とを対応づけたデータを作成する手段である。

第1の制御：前記第1の発明における第1の制御と同じである。

第2の制御：刺激付与手段が前記第1の制御における前記複数回の動作の各合間に前記第2の点を刺激するように制御する。

第3の発明は、制御手段とデータ作成手段とを除き第1及び第2の発明と同じである。ここで制御手段は下記の第1の制御及び第2の制御を行なう手段であり、データ作成手段は電位検出手段が検出した誘発電位の波形のうち、前記第1の制御における第2の点の再度の刺激による波形、前記第

2の点の刺激による波形、前記第2の制御における前記第2の点の再度の刺激による波形、前記第3の制御における前記第2の点の刺激による波形夫々の大きさを計算し、夫々の大きさと時間 $T_1$ または時間 $T_3$ とを対応づけたデータを作成する手段である。

第1の制御：第1の発明における第1の制御と同じである。

第2の制御：第1の発明における第2の制御と同じである。

第3の制御：第2の発明における第2の制御と同じである。

第5の発明は、上記第1～第4の発明に共通の構成を有すると共に、前記表示手段を制御する表示制御手段と、この表示制御手段に信号を入力する入力手段とを備え、データ作成手段は電位検出手段が検出した誘発電位からその各波形の大きさを計算し、夫々の大きさ及び各波形と前記刺激する時期に基づく時間データとを対応づけたデータを作成する手段であり、前記表示制御手段は前記



データ作成手段が作成したデータを前記表示手段に表示させ、前記入力手段から与えられる信号に応じて前記波形のいずれか1とこれに対応する大きさデータとを選択し、これらを他の波形、他の大きさデータとは異なる態様で表示手段に表示させる手段となっている。

第6の発明は上記第1～第5の発明に共通の構成を有すると共に、制御手段は、下記の第1、第2の制御を行なう手段となっており、データ作成手段は、前記第2の制御における第2の点の刺激による誘発電位波形の大きさを計算して求めると共に、前記第1の制御における第1の点が刺激された時点からこの刺激による誘発電位が最初に出現するまでの時間 $L_d$ 及び前記第2の点が刺激された時点からこの刺激による誘発電位が最初に出現する時点までの時間 $L_p$ を求め、前記第2の制御において前記第2の点の刺激による誘発電位が出現を開始する場合の時間 $T_1$ である、 $T_{1\min}$ を求め、前記被験神経束の中の最大伝速度 $V_{\max}$ を持つ神経線維の不応期 $RFP_{\min}$ を示す式

$RFP_{\min} = T_{1\min} - (L_p - L_d)$ と、前記時間 $L_d$ 、 $L_p$ と前記第1の点と前記第2の点との距離 $DST$ より前記最大伝速度 $V_{\max}$ を求める式 $V_{\max} = DST / (L_p - L_d)$ と、前記第2の制御における前記時間 $T_1$ とその $T_1$ に対応する運動神経伝導速度 $V$ との関係式 $V = (DST + RFP_{\min} \times V_{\max}) / T_1$ と、前記時間 $L_p$ 、 $L_d$ 、 $T_{1\min}$ 、距離 $DST$ 、速度 $V_{\max}$ から前記速度 $V$ を計算して求める手段となっている。

第1の制御：刺激付与手段が前記第1の点及び前記第2の点を各1回、所定の時間間隔をあけて刺激する。

第2の制御：第1の発明における第1の制御と同じ。

(作用)

第1の発明の構成において、制御手段が行なう第1の制御は前述したホッフ法の制御と同じであるのでここでは説明を省略する。制御手段が行なう第2の制御を第3図を参照して説明する。まず近位点(第2の点)に刺激 $S_1$ ( $\nabla$ で示す)を

与え、この時点から時間 $T_2$ 後に遠位点(第1の点)に刺激 $S_2$ ( $\nabla$ で示す)を与え、この時点から更に時間 $T_3$ 後に再度前記第2の点に刺激 $S_3$ ( $\nabla$ で示す)を与える動作を前記時間 $T_3$ を異ならせて複数回行なわせる。刺激 $S_1$ 、 $S_2$ 、 $S_3$ によるインパルスを示すマークは前述したイングラム法と同じである。刺激 $S_1$ と刺激 $S_2$ のインパルスは線維 $F$ 、 $S$ のいずれにおいても時間 $T_3$ によらず必ず衝突を起こす。従って電位検出手段は遠位点の刺激 $S_2$ と近位点の刺激 $S_3$ の電位波 $M2$ 、 $M3$ を検出する。この電位波 $M2$ 、 $M3$ はその大きさが時間 $T_3$ によらず常に一定であるが、その2つの電位波が出現する間隔は時間 $T_3$ と一致している。この時間 $T_3$ は更に前記第1の制御における時間 $T_1$ と一致するように設定されているから、ホッフ法の説明で用いた第2図に示す電位波 $M1$ と $M2$ が出現する間隔と第3図の電位波 $M2$ と $M3$ が出現する間隔が一致する。すなわち、第2の制御によってホッフ法で全ての神経線維上に衝突が起こらなくなった状態を筋 $M$ 上に予め作

り出しているのである。

第2図、第3図には2本の神経線維が示されているが実際には1の神経束には多数の神経線維があり、第1の制御(ホッフ法)及び第2の制御において徐々に電位波が変化するように時間 $T_1$ 、 $T_3$ を変えることができる。第6図に第1の制御によって得られた電位波 $M2$ の大きさ( $\bigcirc$ 印で示す)と時間 $T_1$ との関係と、第2の制御によって得られた電位波 $M3$ の大きさ( $\times$ 印で示す)と時間 $T_3$ ( $T_1$ に等しい)との関係を示す。この図を説明すると、第1の制御において時間 $T_1$ が小さいときには電位波 $M2$ は現われずその大きさは零であり、時間 $T_1$ がある値となったときに電位波 $M2$ が現われる。そして時間 $T_1$ が更に大きくなると電位波 $M2$ は急激に大きくなり、その後ゆるやかに大きくなる。一方第2の制御においては電位波 $M3$ は時間 $T_3$ ( $T_1$ )に拘らずほとんど変化しない。ここで例えば時間 $T_1 = T_3 = T_x$ のとき第1の制御における電位波 $M2$ は第7図(a)に示すように電位波 $M1$ が現われてから時間



$T_x$  後に現われ、第2の制御における電位波M3も第7図(b)に示すように電位波M2が現われてから時間 $T_2$ 後に現われる。第1の制御における電位波M2及び第2の制御における電位波M3が検出の対象となる電位波であるが、これらはいずれも同じ大きさの電位波(第1の制御ではM1、第2の制御ではM2)が生じて時間 $T_x$ 後に発生するものである。従って第1の制御における電位波M2と第2の制御における電位波M3が発生するときの夫々の筋の状態は前述した二重刺激効果の点では常に同じ条件となっているのである。そして時間 $T_x$ が徐々に大きくなれば第7図(a)に示す電位波M2も徐々に大きくなりこの波が第7図(b)に示す電位波M3と同じになる。このときの時間 $T_x$ が第1の制御すなわちホッフ法において2つの刺激によるインパルスの衝突が全く起こらなくなった時の両刺激時点の間隔 $T_{1\max}$ である。すなわち第6図に示す○印で示される波形の大きさ、×印で示される波形の大きさはいずれも二重刺激効果を含むのではあるが、各時間 $T_x$ に

おける効果は同程度であり、両者の差 $d_x$ をとると夫々の効果が相殺されその差 $d_x$ は二重刺激効果によらない値となる。そしてこの差が零のときすなわち衝突が起こらなくなったとき、両波形は一致する。最初に一致した $T_x$ が前述した時間 $T_{1\max}$ である。従って、この値は二重刺激4果の影響を受けていない値である。この時間 $T_{1\max}$ より最小伝導速度を知ることができる。この場合、前述した引き算法が用いられる場合であっても同様に同じ誤差を含む値の差をとることになるのでその誤差は相殺される。

第2の発明の構成において、制御手段が行なう第1の制御は前述したホッフ法を実施するための制御と同じであり、制御手段が行なう第2の制御は例えば前記第1の制御における第1の点が刺激される前に前記第2の点を1回刺激するのである。データ作成手段は第1の制御による電位波M2の大きさを計算し、かつ第2の制御による第2の点の刺激による電位波M2の大きさを計算し、夫々の計算結果と時間 $T_1$ とを対応づけたデータを作

成する。この計算結果によれば、第8図に示すように第1の制御における電位波M2の大きさ(○印で示す)と時間 $T_1$ との関係がわかると共に、第1の制御における電位波M2の測定時近傍で第2の制御によって発生させられた電位波M2の大きさ(△印で示す)と時間 $T_1$ との関係がわかる。従って第1の制御によって電位波M2を測定中に異常が発生すればそれは第2の制御における電位波M2が特に変わった値をとることとわかる。

第3の発明の構成において、第2の発明との違いはホッフ法の代わりにイングラム法が用いられる点である。

第4の発明の構成において、制御手段が行なう各制御のうち第1、第2の制御は第1の発明で説明し、第3の制御は第2の発明で説明したのでこれらの説明は省略する。データ作成手段は第9図に示すようなデータを作成する。このデータによってホッフ法による測定値を補正することができる。

第5の発明の構成において、表示制御手段は複

数の波形と複数の大きさデータを表示手段に表示させると共に、入力手段に与えられる信号に応じて1の波形とこれに対応する大きさデータを選択し、これらを他とは異なる態様で表示する。

第6の発明の構成において、速度分布作成手段が時間 $T_1$ から速度 $V$ を求めるために

$$V = (DST + RFP_{\min} \times V_{\max}) / T_1$$

を用いたのは以下の理由による。

まず不応期は伝導速度に反比例することが一般に知られている。伝導速度 $V$ の神経線維の不応期を $RFP_V$ とすると、

$$V \times RFP_V = V_{\max} \times RFP_{\min} = \text{Const}$$

よって $RFP_V = V_{\max} / V \times RFP_{\min} \dots (1)$

一方、 $V = DST / (T_1 - RFP_V) \dots (2)$

であるから(1)式を(2)式に代入して整理すると、

$$V = (V_{\max} \times RFP_{\min} + DST) / T_1$$

となる。

尚、 $V_{\max} = MCV$ であるから

$$V = (MCV \times RFP_{\min} + DST) / T_1$$

と書くことができる。

(実施例)

上記第1～第6の発明を含む一実施例を説明する。

第1図には本実施例の全体構成図が示されている。図中1は生体の筋に発生する誘発活動電位を検出する一対の電極、2、3は夫々生体の1神経束に電圧を与えて刺激する一対の電極である。電極1には増幅器4が接続されており、増幅器4の出力側はA/D変換器5が接続されている。A/D変換器5は増幅器4から与えられるアナログ信号をディジタル信号に変換するものである。電極2、3は刺激装置6に接続される。刺激装置6は与えられる信号に応じて電極2または電極3に所定の電位差を発生させる装置である。7はパーソナルコンピュータである。パーソナルコンピュータ7は、CPU8と、このCPU8に接続されたバス9と、このバス9に接続されたROM10、RAM11、I/Oポート12、CRTコントローラ13、キーボードコントローラ14、プリンタコントローラ15、FDコントローラ16と、これら各コントローラ13～16に接続されたCRT17、キーボード18、複写機19、フロッピーディスク(FD)装置20から成っている。A/D変換器5の出力側はI/Oポート12に接続され、刺激装置6の入力側はI/Oポート12に接続されている。ROM10にはプログラムが格納されており、CPU8はこのプログラムに基づいてRAM11、I/Oポート12、コントローラ13～16とデータの授受を行なうと共に各部を制御する。

次に本実施例装置の動作を説明する。

まず操作者は電極2を被験者の手首部に、電極3を被験者の肘窩部に装着し、電極1を被験者の短母指外転筋に対応する部分の皮膚に装着する。ここで手首部が遠位点、肘窩部が近位点である。そして操作者はパーソナルコンピュータ7のキーボード18を操作してCPU8に第10図に示すような動作を開始させる。

スタートとなると、CPU8は後述する

$$ISI_x \text{ を } ISI_x = ISI_1$$

に設定し(ステップ200)、制御Aに基づく測定を行ない(ステップ201)、次に制御Bに基づく測定を行ない(ステップ202)、次に制御Cに基づく測定を行ない(ステップ203)、次に、 $ISI_x = ISI_n$  かの判断を行ない(ステップ204)、ここでYESとなるとエンドとなり、NOとなるとそのときの $ISI_x$ の値に一定時間 $\Delta t$ を加え(ステップ205)でステップ201に戻る。この例では $ISI_1 = 3.5\text{ms}$ 、 $ISI_n = 5.7\text{ms}$ 、 $\Delta t = 0.05\text{ms}$ である。第12図に、各制御により発生する信号のタイミングと、その信号に応じて出現する電位波を示す。

上記制御Aに基づく測定(ステップ201)の詳細を第11図を参照して説明する。

CPU8はステップ301でデータ取込時期かを判断する。ここでデータとは電極1から増幅器4、A/D変換器5を介してI/Oポート12に与えられている誘発電位データである。この時期は0.1msec毎に現われるように設定してある。CPU8はステップ301でYESと判断すればステップ

306に進み、データを取込み、これをRAM11に格納してステップ301に戻る。CPU8はステップ301でNOと判断すればステップ302に進み、信号送出時期かを判断する。ここで信号とは第12図(a)に示す信号(x-1)であり、このフローチャートによる処理を開始してから予め定められた時間TA経過後にI/Oポート12を介して刺激装置6へ与える信号である。CPU8はステップ302でYESと判断すればステップ307に進み、上記信号を送出してステップ301に戻る。刺激装置6はこの信号により近位点の電極3に電位差を発生させて、その近位点を刺激する。CPU8はステップ302でNOと判断すればステップ303に進み、所定時間経過かを判断する。すなわちCPU8は、電位波を検出するのに十分な時間が経過したかを判断する。CPU8はステップ303でNOと判断すればステップ301に戻り、YESと判断すればステップ304に進む。CPU8はステップ304で、RAM11に格納したデータに基づき電位波形の面積を計算する。すなわちこのときRA

M11には第12図(b)に示すような波形データ(x-1a)が格納されているので、この波形の面積を計算する。そしてCPU8はステップ305でこの計算結果を $ISI_x$ と対応づけてRAM11に格納すると共にCRT19の画面に表示する。ここで波形データ(x-1a)も表示する。

制御Bに基づく測定(ステップ202)の詳細を第13図を参照して説明する。この制御Bは第3図を用いて説明した制御と同じである。すなわちまず近位点を刺激し、時間 $T_2$ の後遠位点を刺激し、時間 $T_3$ の後再度近位点を刺激する。ここで時間 $T_2$ は最も速い伝導速度を持つ神経線維上を移動するインパルスが近位点から出発して遠位点に至るまでの時間よりも若干短めに設定されている一定の時間であり、予め求められているものである。この $T_2$ を求めるには従来より行なっているMCV測定の方法による。本実施例では4.0msとしてある。刺激時間間隔は、一般に $ISI$ (Inter Stimulus Interval)と記されるので以後 $T_3$ を $ISI$ で示す。第1回目の制御において

の近位点を刺激する。CPU8はステップ403でNOと判断すればステップ404に進み第2の信号送出時期かを判断する。ここで第2の信号とは第12図(a)に示す信号(x-2)の第2番目の信号であり、上記第1の信号を送出してから一定時間 $T_2$ (ここでは4ms)経過後にI/Oポート12を介して刺激装置6へ与える信号である。CPU8はステップ404でYESと判断すればステップ410に進み、上記第2の信号を送出しステップ401に戻る。刺激装置6は第2の信号により遠位点の電極2に電位差を発生させて、その遠位点を刺激する。CPU8はステップ404でNOと判断すればステップ405に進み、第3の信号送出時期かを判断する。ここで第3の信号とは第12図(a)に示す信号(x-2)の第3番目の信号であり、上記第2の信号を送出してから時間 $ISI_x$ 経過後にI/Oポート12を介して刺激装置6へ与える信号である。CPU8はステップ405でYESと判断すればステップ411に進み、上記第3の信号を送出しステップ401に戻る。刺激装置6は第3

$ISI_1 = 3.5\text{msec}$ に設定されている。

第13図を説明する。まずCPU8は、データ取込時期かを判断する(401)。ここでデータとは制御Aの場合と同様に、電極1から増幅器4、A/D変換器5を介してI/Oポート12に与えられている誘発電位データである。この時期も制御Aの場合と同様に0.1msec毎に現われるように設定してある。CPU8はステップ401でYESと判断すればステップ402に進み、データを取込み、これをRAM11に格納してステップ401に戻る。CPU8はステップ401でNOと判断すればステップ403に進み、第1の信号送出時期かを判断する。ここで第1の信号とは第12図(a)に示す信号(x-2)の第1番目の信号であり、このフローチャートによる処理を開始してから一定時間 $T_A$ 経過後にI/Oポート12を介して刺激装置6へ与える信号である。CPU8はステップ403でYESと判断すればステップ409で上記第1の信号を送出してステップ401に戻る。刺激装置6はこの信号により近位点の電極3に電位差を発生させて、そ

の信号により再度近位点の電極3に電位差を発生させて、その近位点を刺激する。CPU8はステップ405でNOと判断すればステップ406に進み、所定時間経過かを判断する。すなわちCPU8は、電位波を検出するのに十分な時間が経過したかを判断する。CPU8はステップ406でNOと判断すればステップ401に戻り、YESと判断すればステップ407に進む。CPU8はステップ407で、RAM11に格納したデータに基づき電位波形の面積を計算する。すなわちこのときRAM11には第12図(b)に示すような波形データ(x-2a)が格納されているので、このうちの第2番目の波形(斜線をひいた部分)の面積を計算する。そしてCPU8はステップ408でこの計算結果を $ISI_x$ と対応づけてRAM11に格納すると共にCRT19の画面に表示する。ここで波形データ(x-2a)の第2番目の波形も表示する。

制御Cに基づく測定(ステップ203)の詳細を第14図を参照して説明する。

この制御Cは第2図で説明したホッフ法の制御

である。まず遠位点を刺激し、時間 $T_1$ の後に近位点を刺激する。ここで、時間 $T_1$ は前述した制御Bにおける時間 $ISI_x$ と同じであり、0.05msec単位で変化するもので、第1回の測定では、

$ISI_1 = 3.5\text{msec}$ とされている。

第14図を説明する。まず、CPU8はデータ取込時期かを判断する(501)。ここでデータとは制御Aと同様に電極1から増幅器4、A/D変換器5を介してI/Oポート12に与えられている誘発電位データである。この時期も第1の制御と同様に0.1msec毎に現われるように設定してある。CPU8はステップ501でYESと判断すればステップ502に進み、データを取込み、これをRAM11に格納してステップ501に戻る。CPU8はステップ501でNOと判断すればステップ503に進み、第1の信号送出時期かを判断する。ここで第1の信号とは第12図(a)に示す信号(x-3)の第1番目の信号であり、このフローチャートによる処理を開始してから一定時間 $T_A$ 経過後にI/Oポート12を介して刺激装置6へ与える信号であ

る。CPU8はステップ503でYESと判断すればステップ508に進み上記第1の信号を送出してステップ501に戻る。刺激装置6はこの信号により遠位点の電極2に電位差を発生させて、その遠位点を刺激する。CPU8はステップ503でNOと判断すればステップ504に進み、第2の信号送出時期かを判断する。ここで第2の信号とは第12図(a)に示す信号(x-3)の第2番目の信号であり上記第1の信号を送出してから時間 $ISI_x$ 経過後にI/Oポート12を介して刺激装置6へ与える信号である。CPU8はステップ504でYESと判断すればステップ509に進み、上記第2の信号を送出してステップ501に戻る。刺激装置6は第2の信号により近位点の電極3に電位差を発生させて、その近位点を刺激する。CPU8はステップ504でNOと判断すればステップ505に進み、所定時間経過かを判断する。すなわちCPU8は、電位波を検出するのに十分な時間が経過したかを判断する。CPU8はステップ505でNOと判断すればステップ501に戻り、YESと判断

すればステップ506に進む。CPU8はステップ506で、RAM11に格納したデータに基づき電位波形の面積を計算する。すなわちこのときRAM11には第12図(b)に示すような波形データ(x-3a)が格納されているので、このうちの第2番目の波形(斜線をひいた部分)の面積を計算する。そしてCPU8はステップ507でこの計算結果を $ISI_x$ と対応づけてRAM11に格納すると共にCRT19の画面に表示する。ここで波形データ(x-3a)の第2番目の波形も表示する。

こうして第10図のフローチャートに基づく処理が行なわれると、第12図に示すように $ISI_x$ が徐々に大きくなる。 $ISI_x$ に対応して第1の制御による電位波MA及びその面積データ、第2の制御による電位波MB及びその面積データ、第3の制御による電位波MC及びその面積データを表示すると、第15図のようになる。第15図(A)(B)(C)は夫々上記電位波MA、MB、MCに対応しており、夫々は異なる $ISI_x$ で縦方向に並んだ状態で示されている。第15図(D)は上記電位波

MA、MB、MCの面積を示す図で、横軸が $ISI$ 、縦軸が面積である。本実施例のCPU8は前述のフローチャートで示した機能の他、第15図(D)の縦線に示すように電位波MBと電位波MCの面積の差をその長さで表わす手段を有している。更にこの例のCPU8は、第15図(A)～(C)に示す波形に対し横軸座標の上限と下限を設定してこれら波形の特徴的な部分を抽出し、これらの波形の面積を計算する手段、更にはこのようにして得られたデータを補間する手段を有している。これら手段により行なわれる処理結果を第16図、第17図に示す。そしてCPU8は第19図のフローチャートに示す処理を行なう。

第19図を説明する。まずCPU8はステップ601でキーボード18に設けられている第1の指示キーが押されたかを判断する。CPU8はステップ601でYESと判断するとステップ602に進み、第17図(C)に示す電位波MCの1の波形(予め定められている)と、これに対応する第17図(D)に示す面積データ(○印)を選択し、CRTコン

ローラ13を制御してCRT17の画面においてこれらを赤色で表示する。ここで、他の波形、面積データは赤色以外の同一色で表示されている。次にCPU8はステップ603に進み、キーボード18に設けられている第2の指示キーが押されたかを判断する。CPU8はステップ603でYESと判断するとステップ606に進み、現在赤色で表示している波形に隣接する波形でISIが大きい方の波形を選択し、その波形とそれに対応する面積データを赤色で表示すると共に、今まで赤色で表示していた波形及び面積データを他の波形、面積データと同じ色にしてステップ607に進む。CPU8はステップ603でNOと判断するとステップ604に進みキーボード18に設けられている第3の指示キーが押されたかを判断する。CPU8はステップ604でYESと判断するとステップ605に進み、現在赤色で表示している波形に隣接する波形でISIが小さい方の波形を選択し、その波形とそれに対応する面積データを赤色で表示すると共に、今まで赤色で表示していた波形及び面積データを

ード18に設けられている第5の指示キーが押されたかを判断する。CPU8はステップ607でNOと判断するとステップ603に戻り、YESと判断するとステップ610に進む。CPU8はステップ610でそのとき赤色で示されている波形及び面積のISIをRAM11に格納する。このISIはISI<sub>max</sub>のデータとして用いるものである。このため操作者は第5の指示キーを押す前に第2の指示キー及び第3の指示キーを操作して赤色で示される面積データを移動させ、MBとMCが最初に一致する点を確認し、そのとき第5の指示キーを押す。このようにしてISI<sub>max</sub>がRAM11に格納される。CPUはステップ610の処理が終了するとステップ611に進み、現在赤色で表示している波形、面積データを他の波形、面積データと同一の色にする。

この処理によれば、簡単なキー操作でISI<sub>min</sub>とISI<sub>max</sub>を正確に得ることができる。

次にCPU8は第20図のフローチャートに示す

他の波形、面積データと同じ色にしてステップ607に進む。CPU8はステップ604でNOと判断したときにもステップ607に進む。CPU8はステップ607でキーボード18に設けられている第4の指示キーが押されたかを判断する。CPU8はステップ607でYESと判断するとステップ608に進み、そのとき赤色で示されている波形及び面積のISIをRAM11に格納した後ステップ603に戻る。このISIは後述するようにISI<sub>min</sub>のデータとして用いるものである。このため操作者は第4の指示キーを押す前に第2の指示キー及び第3の指示キーを操作して赤色で示される波形を選択し、例えばISIが大きい方から小さい方へ順次選択し、最初に直線状になる波形を選択したときに第4の指示キーを押すようにする。この操作によれば、面積データを示すグラフ(D)のみによるよりも正確にISI<sub>min</sub>を決定することができる。このようにしてISI<sub>min</sub>がRAM11に格納される。CPU8はステップ607でNOと判断するとステップ609に進み、キーボ

処理を行なう。

まずCPU8は、ステップ701で第17図(D)に示したデータと、前回の処理で得たISI<sub>min</sub>、ISI<sub>max</sub>とに基づいて、ISI<sub>min</sub>からISI<sub>max</sub>までの各ISIにおけるMA、MB、MCの面積値から $MC \times MA / MB$ を計算する。この値がMCの面積値を補正したもののMC(real)である。

ここで $MC(real) = MC \times MA / MB$ とした理由を以下に述べる。

$MC = MA \times (\text{二重刺激効果}) \times (\text{衝突効果})$   
すなわち本来MCは、MAと同じ大きさとなって現われるのであるが、二重刺激効果とインパルスの衝突によってMAと同じ大きさになるのを阻害されている。

ここで $(\text{二重刺激効果}) = MB / MA$

$(\text{衝突効果}) = MC(real) / MA$

で表わされる。よって、

$MC = MA \times MB / MA \times MC(real) / MA$

従って、 $Mc(real) = MC \times MA / MB$ で表わ

される。

次にCPU8はステップ702で各ISIにおけるMC(real)をRAM11に格納すると共に第18図に示すように補正したデータをCRT17に表示する。

次にCPU8は第21図に示す処理を行なう。

まずステップ801でデータ取込み時期かを判断する。この時期は0.1msec毎に現われるように設定されている。CPU8はステップ801でYESであると判断するとステップ804に進み、電極1から増幅器4、A/D変換器5を介してI/Oポート12に与えられている誘発電位データを取込み、これをRAM11に格納し、ステップ801に戻る。ステップ801でNOであると判断するとステップ802に進み、ここで第1の信号を送出する時期かを判断する。この時期は、この処理がスタートとなってから所定時間経過したか否かにより判断される。CPU8はステップ802でYESであると判断するとステップ803に進み、第1の信号をI/Oポート12を介して刺激装置6に出力した後、

潜時 $L_d$ を求める。RAM11には、このとき、近位点、遠位点の刺激による電位波が記録されているから、最大伝導速度を持つ神経線維の $L_d$ は第2の信号が送出された時点から、電位波が出現を開始する時点までの時間として求めることができ、同様に $L_d$ は第1の信号が送出された時点から電位波が出現を開始する時点までの時間として求めることができる。

次にCPU8はステップ809において、最小の不応期 $RFP_{min}$ を求める。これは前のステップ808で求めた $L_d$ 、 $L_d$ と、前回の処理で求めた $ISI_{min}$ を式 $RFP_{min} = ISI_{min} - (L_d - L_d)$ に代入して求める。

次にCPU8はステップ810において、最大伝導速度 $V_{max}$ すなわちMCVを求める。これはステップ808で求めた $L_d$ 、 $L_d$ と、予め測定されRAM11に格納されている遠位点、近位点間の距離DSTとを式 $MCV = DST / (L_d - L_d)$ に代入して求める。

次にCPU8はステップ811において、各ISI

ステップ801に戻る。この第1の信号により刺激装置6は遠位点の電極2に電位差を与えてその遠位点を刺激する。CPU8はステップ802でNOであると判断するとステップ805に進み、ここで第2の信号を送出する時期かを判断する。この時期は、第1の信号が送出された時点から所定時間経過した時期である。CPU8は、ステップ805でYESであると判断するとステップ806へ進み、ここで刺激装置6に第2の信号を出力した後ステップ801に戻る。この第2の信号により刺激装置6は近位点の電極3に電位差を与える。CPU8はステップ805でNOであると判断するとステップ807に進み、第2の信号を送出してから所定時間経過したかを判断する。CPU8はステップ807でNOであると判断するとステップ801に戻り、YESであると判断するとステップ808に進む。

CPU8はステップ808において、RAM11に格納されているデータに基づいて近位点の刺激による電位波潜時 $L_d$ 、遠位点の刺激による電位波

とVとの関係式を求める。これは上記のDST、 $RFP_{min}$ 、MCVを式 $V = (DST + RFP_{min} \times MCV) / ISI$ に代入して求める。

次にCPU8はステップ812において、ステップ811で求めた関係式と第18図に示したデータ(RAM11に格納されている)とに基づいて1m/secおきに伝導速度のヒストグラムを作成し、これを第22図に示すようにCRT17の画面に表示すると共にRAM11に格納する。

ISIから伝導速度Vを求める場合、上記の方法によれば、単に正確に伝導速度が得られるのみではなく、以下の様な状況にも対応できるという長所がある。

一般に正常人の場合には $ISI_{min}$ は $(L_d - L_d)$ よりも長い。しかし、病的状態では $ISI_{min}$ が $(L_d - L_d)$ よりも短い。すなわち不応期が負の値をとることがある。このことは原理的には起こらない筈であるが、実際には起こる。この原因は、病的状態では神経束の反応が劣化し、この反応レベルを上昇させるために正常人

よりも強い刺激を用いる点にある。なぜなら、強い刺激を近位点、遠位点に与えると、第23図に示すように神経に刺激が及ぶ範囲が広がり、MCV測定に用いる距離DHCVと実際に興奮が衝突を起す部分の距離Dcollとに違いが生じてくるからである。すなわち、Dcoll < DHCV となるために負の不応期が生じるのである。この様な場合この負の不応期の値を上記方法すなわち式 $V = (DST + RFP_{min} \times MCV) / ISI$ にそのまま使用して良いのかという問題が生じるが、この式に使用しても何ら問題はない。以下にその理由を述べる。

観察された $RFP_{min}$ を $RFP_{ob}$

真の $RFP_{min}$ を $RFP_{real}$ とする。

ある $ISI$ における速度 $V$ は、計算上

$$V = (DHCV + RFP_{ob} \times MCV) / ISI \quad \dots(1)$$

として求められる。MCVはDHCVにおいてもDcollにおいても同じであるから、Dcollにおいて真の $V$ は、

に夫々対応している。

以上の実施例において、電極2、3及び刺激装置6が刺激付与装置を構成し、電極1、増幅器4及びA/D変換器5が電位検出手段を構成し、CRT7が表示手段を構成している。そして第1の発明における制御手段は、第14図に示すステップ503、504、505、508、509(第1の制御)と第13図に示すステップ403、404、405、406、409、410、411(第2の制御)に相当している。第1の発明におけるデータ作成手段は、第14図に示すステップ501、502、506、507と第13図に示すステップ401、402、407、408に相当している。

第2の発明における制御手段は、第14図に示すステップ503、504、505、508、509(第1の制御)と第11図に示すステップ302、307、303(第2の制御)に相当している。第2の発明におけるデータ作成手段は、第14図に示すステップ501、502、506、507と第11図に示すステップ301、306、304、305に相当している。

$$V = (Dcoll + RFP_{real} \times MCV) / ISI \quad \dots(2)$$

として求められる。

$$\begin{aligned} \text{ここで、} RFP_{obs} &= ISI_{min} - (Lp - Ld) \\ &= Dcoll / MCV + \\ &\quad RFP_{real} - DHCV / MCV \\ &= (Dcoll - DHCV + \\ &\quad RFP_{real} \times MCV) / MCV \end{aligned} \quad \dots(3)$$

(3) 式を(1) 式に代入すると、

$$\begin{aligned} V &= (DHCV + Dcoll - DHCV + RFP_{real} \times \\ &\quad MCV) / ISI \\ &= (Dcoll + RFP_{real} \times MCV) / ISI \end{aligned}$$

この式は(2) 式である。すなわち計算による $V$ が真の $V$ と一致するのである。

第24図～第28図は本実施例装置を用いて他の被験者を測定した場合における各処理の結果を示す図である。

第24図は第15図に、第25図は第16図に、第26図は第17図に、第27図は第18図に、第28図は第22図

第4の発明における制御手段は、第14図に示すステップ503、504、505、508、509(第1の制御)と第13図に示すステップ403、404、405、406、409、410、411(第2の制御)と第11図に示すステップ302、307、303(第3の制御)に相当している。第4の発明におけるデータ作成手段は第14図に示すステップ501、502、506、507と第13図に示すステップ401、402、407、408と第11図に示すステップ301、306、304、305に相当している。

第5の発明におけるデータ作成手段は、第14図に示すステップ501、502、506、507に相当する。第5の発明における表示手段はキーボード18を含み、第19図に示すステップ601～611に相当する。

第6の発明における制御手段は、第21図に示すステップ802、803、805、806、807に相当し、データ作成手段は第21図に示すステップ801、804、808～812に相当する。

次に、他の実施例を説明する。この実施例は前



述したイングラム法による測定を改良したものである。本実施例の構成は略第1図に示した構成と同じであるが、ROM10には第29図のフローチャートに示すプログラムが格納されている。第30図にはCPU8が刺激装置6に対して出力する信号のタイミングと、これら信号に応じて出現する電位波を示す。

この実施例の動作を説明する。

CPU8は、まずステップ900で後述する  $ISI_x$  を  $ISI_x = ISI_1$  に設定し、次にステップ901で現在がデータ取込時期か否かを判断し、その時期であればステップ902へ進みデータを取込む。すなわち、CPU8は、電極1から増幅器4、A/D変換器5を経てI/Oポート12に現われている誘発電位を予め定められた間隔でサンプリングを行ない、そのデータをRAM11に格納する。CPU8はステップ901でNOと判断すると、ステップ903に進み第1の信号を送出する時期かを判断する。ここで第1の信号とは第30図(a)に示す信号(x-1)であり、このフローチャート

ップ905に進み、第3の信号送出手間かを判断する。ここで第3の信号とは第30図(a)に示す信号(x-3)であり、上記第2の信号を送出してから時間  $ISI_x$  経過後にI/Oポート12を介して刺激装置6へ与える信号である。CPU8はステップ905でYESと判断すればステップ912に進み、上記第3の信号を送出してステップ901に戻る。刺激装置6は第3の信号により遠位点の電極3に電位差を発生させて、その遠位点を刺激する。ここで第2の信号と第3の信号との間隔  $ISI_x$  は後述のように  $\Delta t$  毎増加するように設定されている。CPU8はステップ905でNOと判断すればステップ906に進み、第4の信号送出手間かを判断する。ここで第4の信号とは第30図(a)に示す信号(x-4)であり、上記第3の信号を送出してから一定時間  $T_c$  経過後にI/Oポート12を介して刺激装置6へ与える信号である。CPU8はステップ906でYESと判断すればステップ913に進み、上記第4の信号を送出してステップ901に戻る。刺激装置6は第4の信号により近位点の電

による処理を開始してから予め定められた時間  $T_A$  後にI/Oポート12を介して刺激装置6へ与える信号である。CPU8はステップ903でYESと判断すればステップ910に進み、第1の信号を送出してステップ901に戻る。刺激装置6はこの信号により近位点の電極3に電位差を発生させて、その近位点を刺激する。CPU8はステップ903でNOと判断すればステップ904に進み、第2の信号送出手間かを判断する。ここで第2の信号とは第30図(a)に示す信号(x-2)であり、上記第1の信号を送出してから一定時間  $T_B$  後にI/Oポート12を介して刺激装置6へ与える信号である。CPU8はステップ904でYESと判断すればステップ911に進み、上記第2の信号を送出し、ステップ901に戻る。刺激装置6は第2の信号により近位点の電極3に電位差を発生させて、その近位点を刺激する。ここで第1番目と第2番目の信号の間隔  $T_B$  は夫々の信号により発生する電位波が相互に影響を受けない程度に離れている。CPU8はステップ904でNOと判断すればステ

極3に電位差を発生させて、その近位点を刺激する。ここで第3の信号と第4の信号との間隔  $T_c$  は一定であり、その値は最大伝導速度を持つ線維の遠位点と近位点の間をインパルスが伝わるのに要する時間よりも若干短く設定してある。CPU8はステップ906でNOと判断すればステップ907に進み、所定時間経過かを判断する。すなわちCPU8は、電位波を検出するのに充分な時間が経過したかを判断する。CPU8はステップ907でNOと判断すればステップ901に戻り、YESと判断すればステップ908に進む。CPU8はステップ908で、RAM11に格納したデータに基づき電位波形の面積を計算する。すなわちこのときRAM11には第30図(b)に示すような波形データが格納されているので、このうち第1の信号に対する波形(x-1a)、第4の信号(x-4a)に対する波形(共に斜線をひいて示す)夫々の面積を計算する。そしてCPU8はステップ909でこれらの計算結果を  $ISI_x$  と対応づけてRAM11に格納すると共にCRT19の画面に表示する。

次にCPU8はステップ914に進み、ここで現在  $ISI_x = ISI_n$  かを判断する。 $ISI_n$  は予め設定している値である。CPU8はステップ914でYESと判断すればエンドとなり、NOと判断すればステップ915に進む。CPU8はステップ915で現在の  $ISI_x = \Delta t$  を加え、ステップ901に戻る。

第29図に示す処理が行なわれると第30図に示すように  $ISI_x$  は徐々に大きくなり、第4の信号により生じる電位波は徐々に小さくなる。そしてこの処理が終了すると第31図に示すようなデータが表示されると共にRAM11に格納される。図中△印は第1の信号に応じた電位波MDの面積、○印は第4の信号に応じた電位波MEの面積である。この実施例によれば、イングラム法の用いて測定する場合にMDの変化を監視すれば、測定が正常に行なわれているか否かを判断することができる。

この実施例において、第29図のステップ903～907、910～915が第3の発明の制御手段に相当し、第29図のステップ900～902、908～909が

第3の発明のデータ作成手段に相当する。

#### [発明の効果]

第1の発明によれば、ホップ法において衝突が起こらなくなる2つの刺激時点の間隔の最大時間を正確に求めることができる。従ってホップ法によっても正確な最小伝導速度が得られる。

第2の発明によれば、ホップ法において測定状態の異常を容易に発見することができる。

第3の発明によれば、イングラム法において測定状態の異常を容易に発見することができる。

第4の発明によれば、ホップ法において二重刺激効果に影響されない電位波形の大きさを各刺激間隔について正確に求めることができる。

第5の発明によれば、ホップ法、イングラム法いずれにおいても筋から得られる電位波形と、それに対応する波形面積とが複数組表示された場合に、その中の1を容易に特定できる。

第6の発明によれば、ホップ法において不応期の補正を正確に行なうことができる。

以上、第1の発明乃至第5の発明によれば運動

神経伝導速度分布の測定を正確に行なうことができる。

#### 4. 図面の簡単な説明

第1図は第1～第6の発明が含まれている装置の構成図、第2図及び第4図は従来の運動神経速度分布測定原理であるホップ法、イングラム法を夫々説明するための図、第3図は第1、第4の発明装置の測定原理を説明するための図、第5図は従来装置の解決すべき課題を説明するための図、第6図及び第7図は第1の発明の作用を説明するための図、第8図、第9図は第2の発明、第4の発明夫々の作用を説明するための図、第10図～第28図は1実施例の動作説明図、第29図～第31図は他の実施例の動作説明図である。

1、2、3…電極

4…増幅器

5…A/D変換器

6…刺激装置

7…パーソナルコンピュータ

9…バス

10…ROM

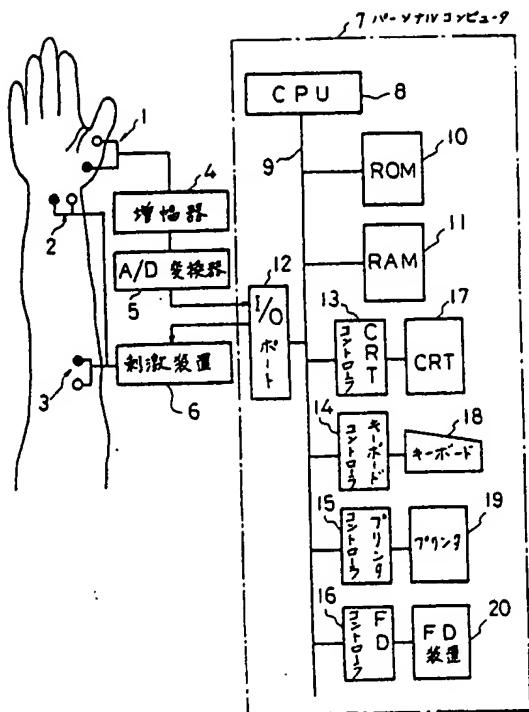
11…RAM

12…I/Oポート

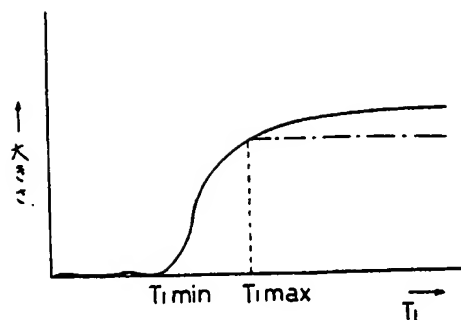
17…CRT

18…キーボード

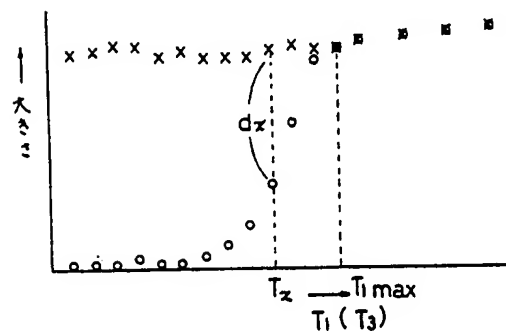
代理人 弁理士 本 田 崇



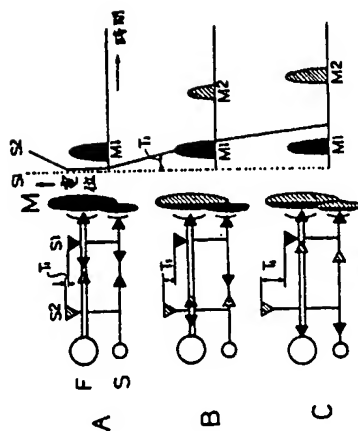
第 1 図



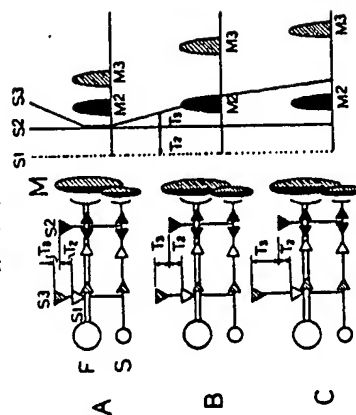
第 5 図



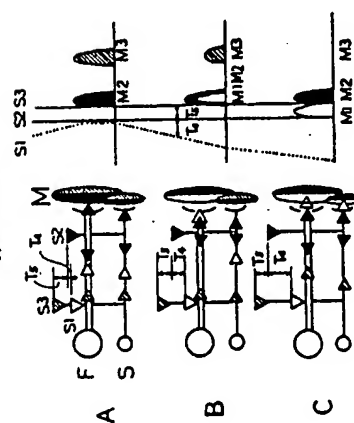
第 6 図



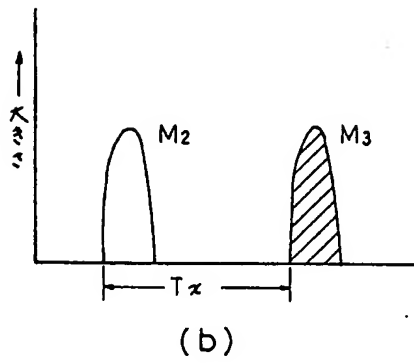
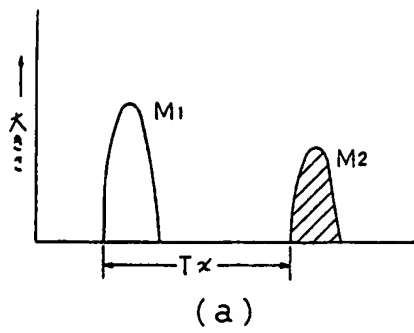
第 2 図



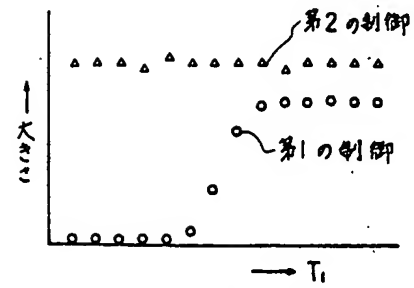
第 3 図



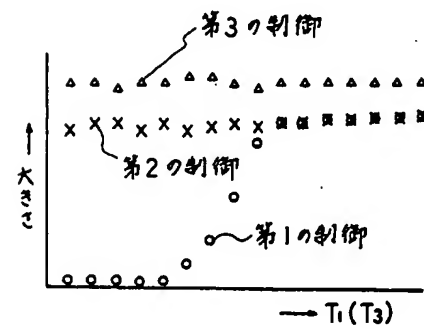
第 4 図



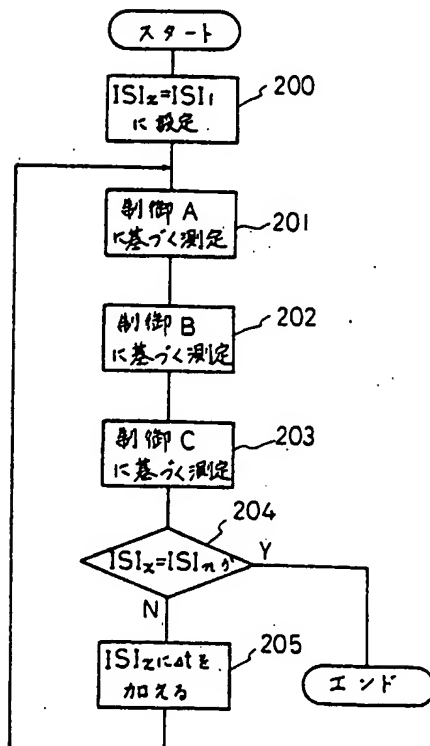
第 7 図



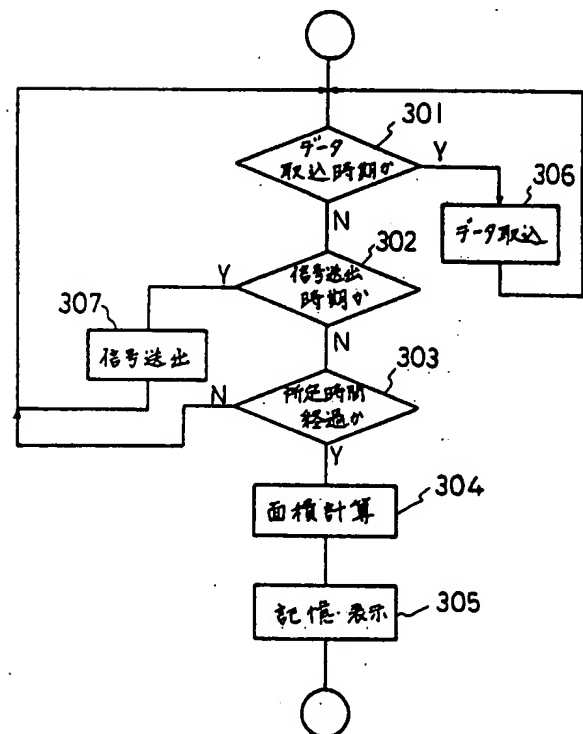
第 8 図



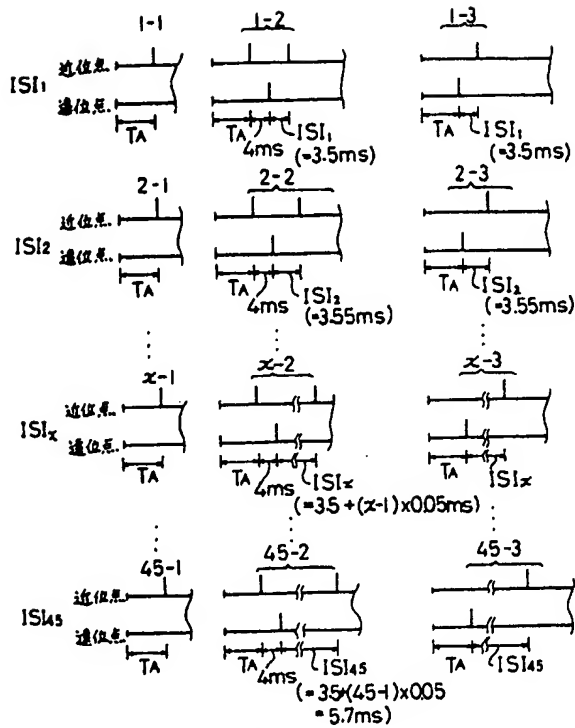
第 9 図



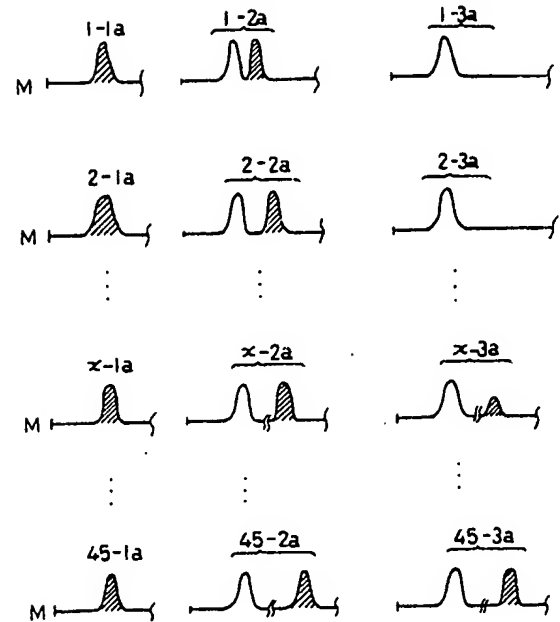
第 10 図



第 11 図

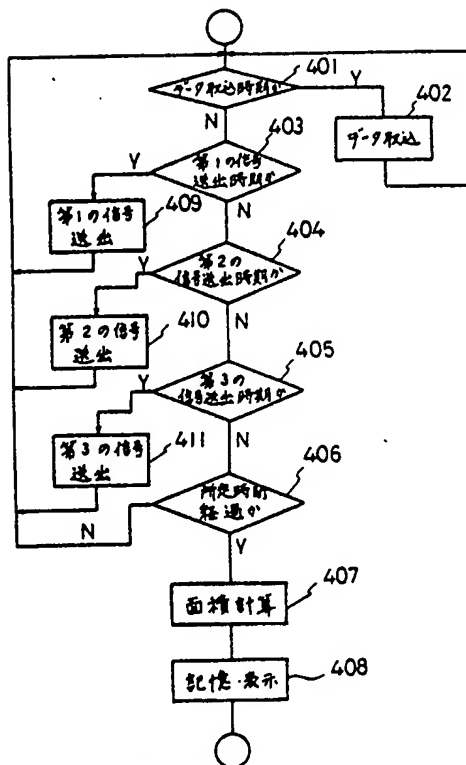


(a)

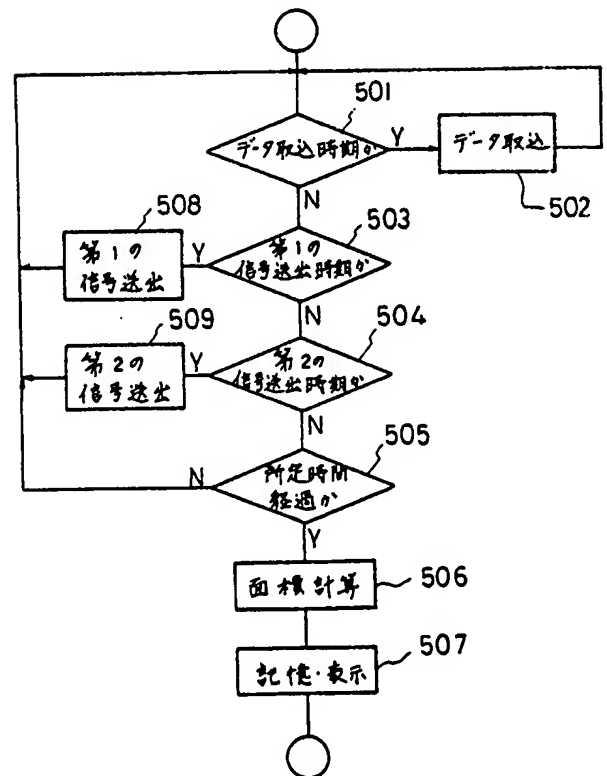


(b)

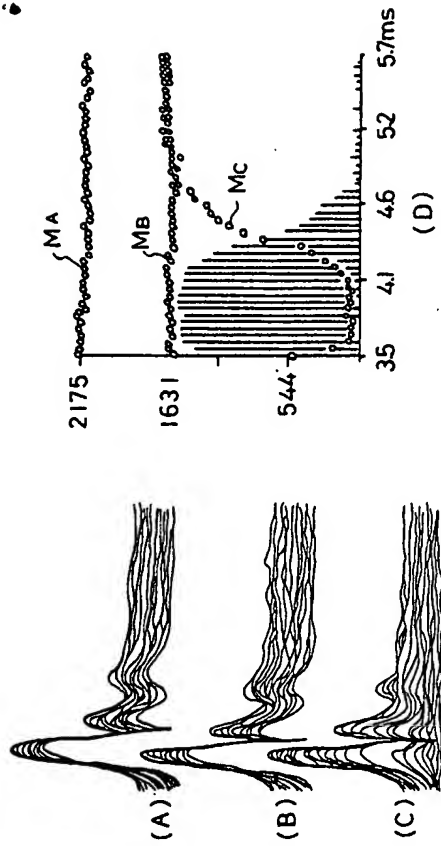
第 12 図



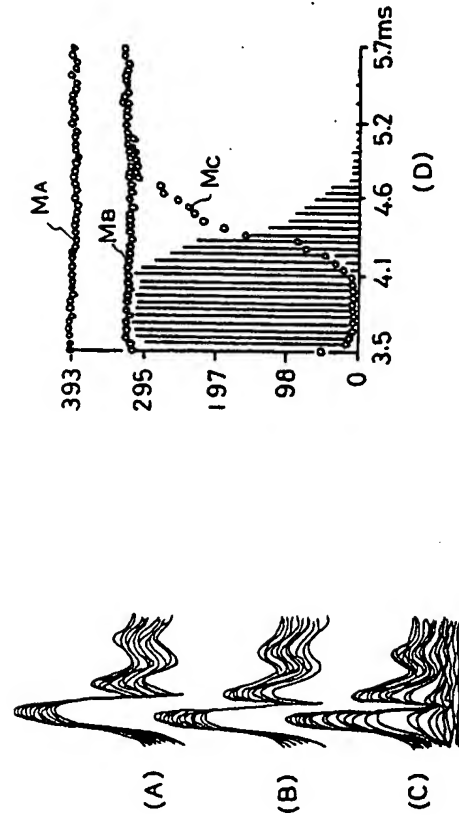
第 13 図



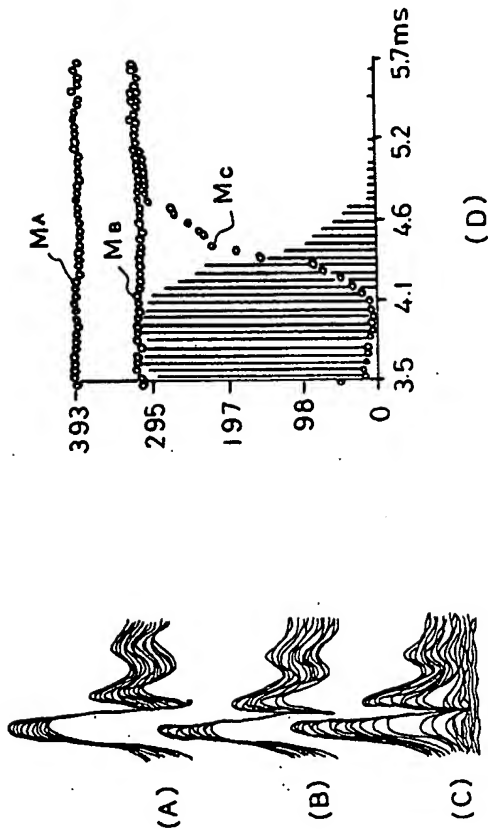
第 14 図



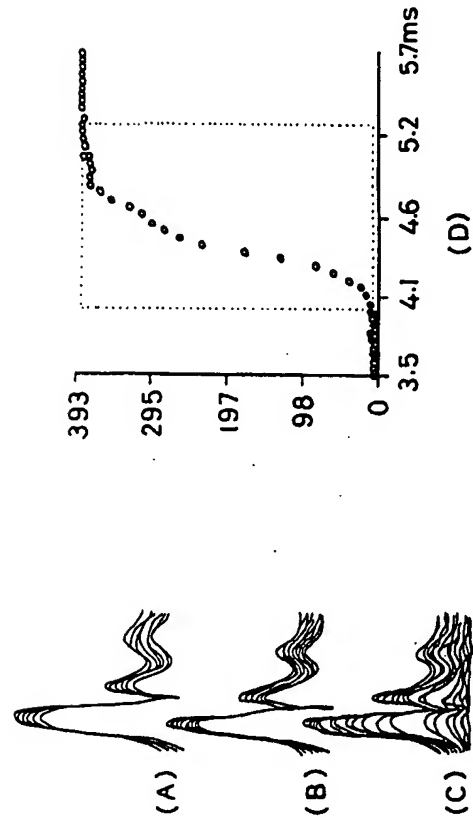
第 15 図



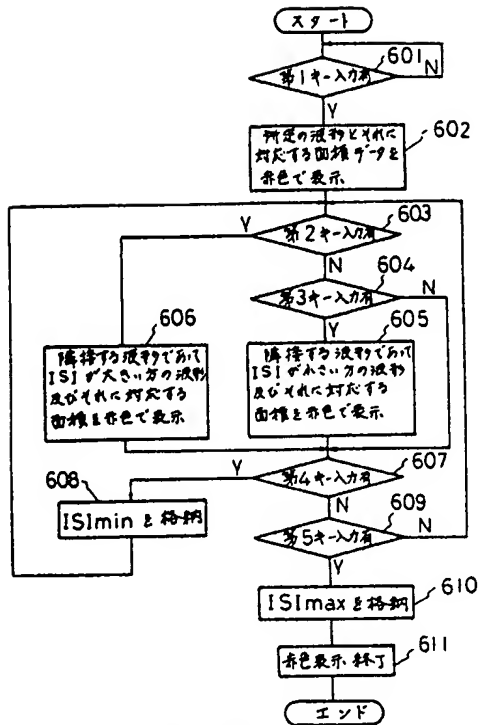
第 16 図



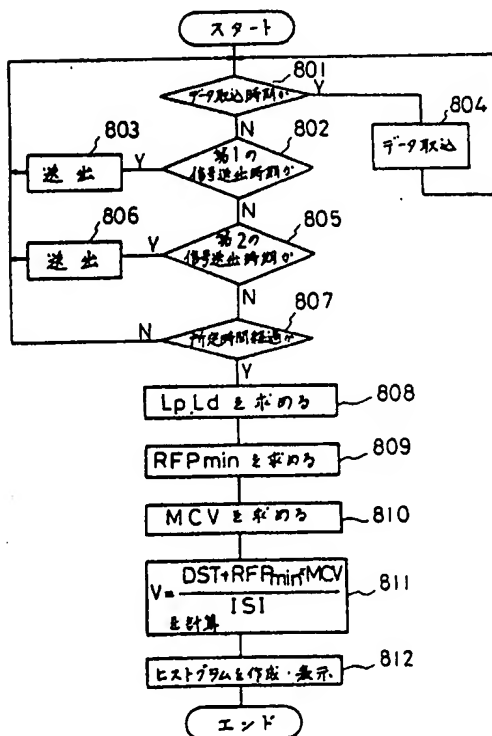
第 17 図



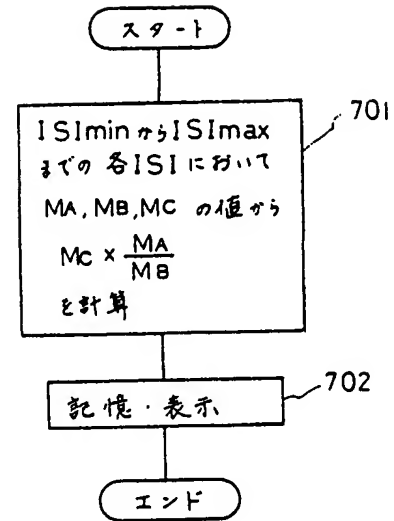
第 18 図



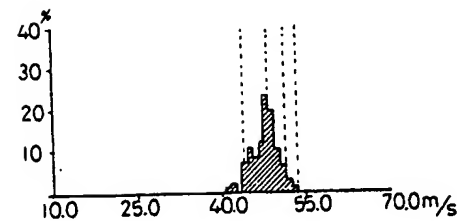
第19図



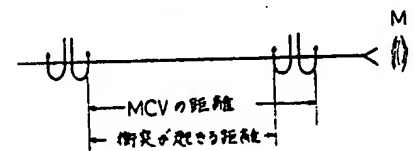
第21図



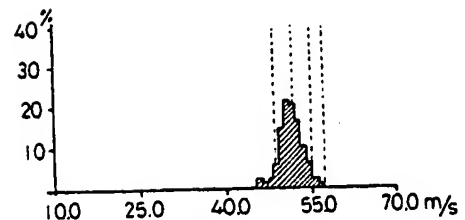
第20図



第22図

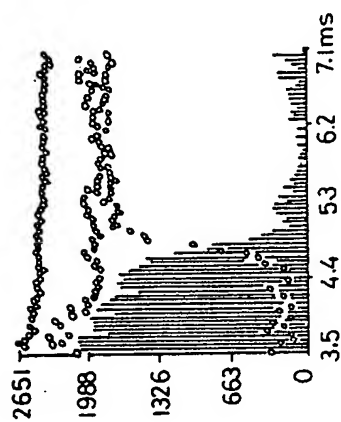


第23図

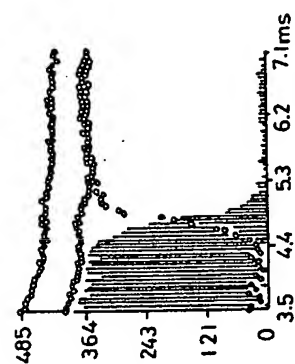


第28図

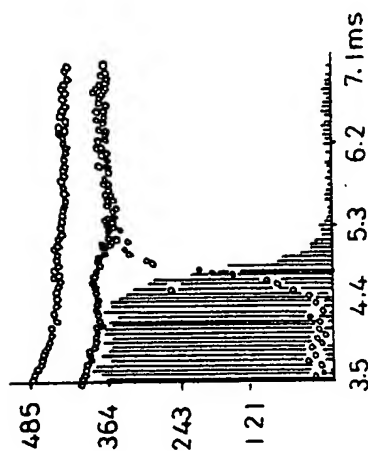
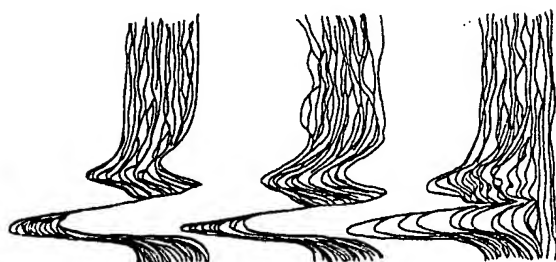




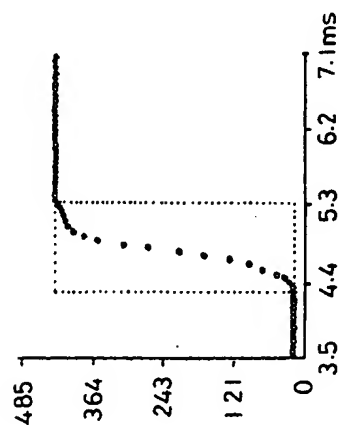
第 24 図



第 25 図

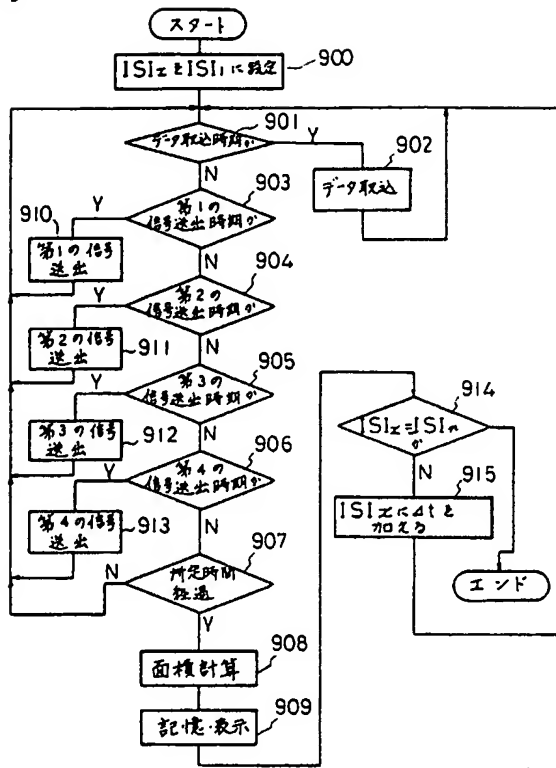


第 26 図

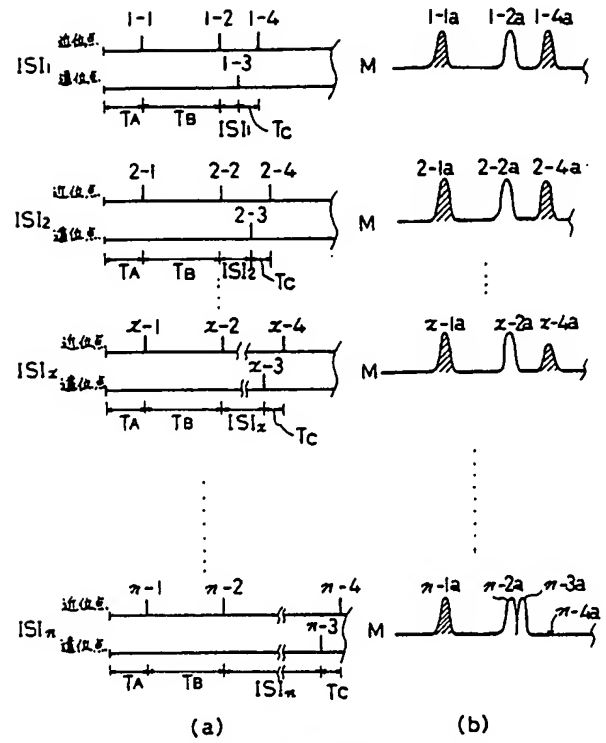


第 27 図

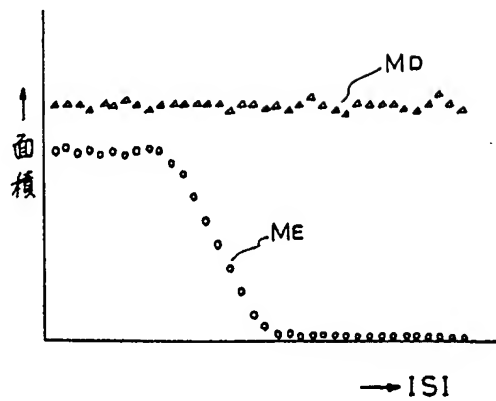




第 29 図



第 30 図



第 31 図